

Schätzverfahren für Energie und Aminosäuren bei Raps- und Sojaprodukten

Projektnummer 524/052

Karl Rutzmoser

LfL, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, 85586 Poing

Zusammenfassung

Zur Ermittlung des Energiegehaltes von Futtermitteln aus Raps- und Sojaprodukten wurden auf der Grundlage der Weender Analyse aus Verdauungsversuchen Gleichungen zur Schätzung der Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe abgeleitet. Diese sind in die Berechnungsformel der ME für die jeweilige Tiergruppe (Wiederkäuer, Schweine) einzufügen.

Tab. 1: Schätzgleichungen der Verdaulichkeiten von Rohnährstoffen

Rohnährstoff	Achsenabschnitt a	Regr.-faktor b	Bezugs-wert x
Rapszeugnisse Wiederkäuer			
Rohprotein	57	+ 0,06	XPFX
Rohfett	76	+ 6	LOG10(XL)
Rohfaser	28	+ 0,04	XFX
NfE	99	- 0,05	XFX
Sojazeugnisse Wiederkäuer			
Rohprotein	59	+ 0,06	XPFX
Rohfett	44	+ 18	LOG10(XL)
Rohfaser	85	- 0,01	XFX
NfE	96	- 0,03	XFX
Rapszeugnisse Schweine			
Rohprotein	34	+ 0,10	XPFX
Rohfett	23	+ 25	LOG10(XL)
Rohfaser	32	+ 0,04	XFX
NfE	70	+ 0,03	XFX
Sojazeugnisse Schweine			
Rohprotein	32,5	+ 0,10	XPFX
Rohfett	21	+ 26	LOG10(XL)
Rohfaser	80	- 0,07	XFX
NfE	98	- 0,04	XFX

Als Bezugsgrößen der linearen Gleichungen werden folgende Umrechnungen aus den Rohnährstoffen verwendet:

$$XPFX = XP / (XP + XF + XX) * 1000$$

$$\text{LOG}_{10}(XL) = \text{Logarithmus (10) von XL}$$

$$XFX = XF / (XF + XX) * 1000$$

Die Gehalte an Aminosäuren können aus dem Rohproteingehalt geschätzt werden, entweder mit dem Aminosäurefaktor oder mit der Regressionsgleichung. Die Faktoren für Raps- und Sojaerzeugnisse sind im folgenden aufgeführt.

Tab. 2: Faktoren der Aminosäuren von Raps-erzeugnissen

Aminosäure	Aminosäuren- faktor * XP	Regressions- faktor * XP	Achsen- abschnitt Konstante
Lysin	0,0532	0,0547	0,59
Methionin	0,0199	0,0189	0,42
Cystin	0,0242	0,0312	-2,88
Met + Cys	0,0441	0,0501	-2,46
Threonin	0,0427	0,0295	5,34
Tryptophan	0,0132	0,0181	-1,99

Tab. 3: Faktoren der Aminosäuren von Soja-erzeugnissen

Aminosäure	Aminosäuren- faktor * XP	Regressions- faktor * XP	Achsen- abschnitt Konstante
Lysin	0,0600	0,0597	0,16
Methionin	0,0136	0,0144	-0,44
Cystin	0,0150	0,0144	0,36
Met + Cys	0,0287	0,0289	-0,08
Threonin	0,0387	0,0397	-0,52
Tryptophan	0,0133	0,0136	-0,22

Summary

Methods to estimate energy and amino acids in products out of rapeseed and soybeans

To estimate the content of energy in feedstuffs out of rapeseed or soybeans, based on the results of the Weender Analysis there has been developed equations for the digestibility of the crude nutrients with data from digestibility trials. The resulting coefficients of digestibility are to use in the formula of calculation the ME belonging to the group of animal (ruminant, swine).

Tab. 4: Equations for the digestibility of crude nutrients

crude nutrient	intercept a	regr.- factor b	x- value
rapeseeds ruminants			
crude protein	57	+ 0,06	XPFX
crude fat	76	+ 6	LOG10(XL)
crude fiber	28	+ 0,04	XFX
NfE	99	- 0,05	XFX
soybeans ruminants			
crude protein	59	+ 0,06	XPFX
crude fat	44	+ 18	LOG10(XL)
crude fiber	85	- 0,01	XFX
NfE	96	- 0,03	XFX
rapeseeds swine			
crude protein	34	+ 0,10	XPFX
crude fat	23	+ 25	LOG10(XL)
crude fiber	32	+ 0,04	XFX
NfE	70	+ 0,03	XFX
soybeans swine			
crude protein	32,5	+ 0,10	XPFX
crude fat	21	+ 26	LOG10(XL)
crude fiber	80	- 0,07	XFX
NfE	98	- 0,04	XFX

As x-values of the linear equations there are to use the following transformations of crude nutrients:

$$XPFX = XP / (XP + XF + XX) * 1000$$

$$LOG10(XL) = \text{logarithm (10) of XL}$$

$$XFX = XF / (XF + XX) * 1000$$

The contents of amino acids can be estimated from the content of crude protein, with the factor of the amino acid or with the regression equation. The factors are shown in the following table.

Tab. 5: Factors of amino acids in products out of rapeseeds

amino acid	factor of amino acid * XP	regression factor * XP	intercept constant
Lysin	0,0532	0,0547	0,59
Methionin	0,0199	0,0189	0,42
Cystin	0,0242	0,0312	-2,88
Met + Cys	0,0441	0,0501	-2,46
Threonin	0,0427	0,0295	5,34
Tryptophan	0,0132	0,0181	-1,99

Tab. 6: Factors of amino acids in products out of soybeans

amino acid	factor of amino acid * XP	regression factor * XP	intercept constant
Lysin	0,0600	0,0597	0,16
Methionin	0,0136	0,0144	-0,44
Cystin	0,0150	0,0144	0,36
Met + Cys	0,0287	0,0289	-0,08
Threonin	0,0387	0,0397	-0,52
Tryptophan	0,0133	0,0136	-0,22

1. Aufgabenstellung

Für einen zielgerichteten Einsatz von Futtermitteln ist eine möglichst umfassende Kenntnis der Futterwertkennzahlen eine wesentliche Voraussetzung. Die Palette der analytischen Untersuchungen ist zwar umfangreich, für den Einsatz in der Fütterungspraxis muss jedoch der Aufwand in sinnvollen Grenzen gehalten werden. Die erbrachte Leistung von Tieren ist in der Regel am engsten mit der Energieaufnahme verknüpft, weshalb der Energiegehalt der wichtigste Kennwert eines Futtermittels darstellt. Bei monogastrischen Tieren folgt in der Bedeutung die Versorgung mit essentiellen Aminosäuren.

Die verschiedenen Erzeugnisse aus Rapssamen und Sojabohnen unterscheiden sich erheblich in Inhaltsstoffen und Futterwert, aber auch innerhalb einer Produktlinie können merkliche Abweichungen vorkommen. Um eine optimale Verwertung der hier betrachteten Futtermittel zu sichern, sollen aussagekräftige Schätzverfahren für

Energie und Aminosäuren aus kostengünstigen und gängigen Analysenergebnissen abgeleitet werden.

2. Material und Methoden

2.1 Umsetzbare Energie ME

Die für das Tier verwertbare Energie, die umsetzbare Energie (ME) jeweils für Wiederkäuer (ME MJ(Wk)) und Schweine (ME MJ(Sw)) ist analytisch nicht direkt bestimmbar, sie wird auf Basis der Roh Nährstoffe berechnet. Die Bezeichnungen der Werte, ihre Abkürzungen und Einheiten sind in der zusammenfassenden Tabelle 11 zu ersehen. Wie in den DLG-Tabellen üblich, beziehen sich die Angaben von Gehaltswerten auf g oder MJ je kg Trockenmasse, soweit nicht anders angegeben.

Für die ME für Wiederkäuer ist folgende Formel vorgeschlagen (DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 1997):

$$\text{ME MJ(Wk)} = 0.0312 * \text{DXL} + 0.0136 * \text{DXF} + 0.0147 * (\text{DOM} - \text{DXL} - \text{DXF}) \\ + 0.00234 * \text{XP}$$

Aus der Summe der verdaulichen Roh Nährstoffe (verdauliche organische Masse $\text{DOM} = \text{DXP} + \text{DXL} + \text{DXF} + \text{DXX}$) kann das dritte Glied der obigen Gleichung (mit den Differenzen) umgeformt werden zu $(\text{DXP} + \text{DXX})$. Wenn weiter die verdaulichen Roh Nährstoffe als Produkt von Roh Nährstoff und Verdaulichkeit dargestellt werden, kann die ME-Formel folgendermaßen geschrieben werden:

$$\text{ME MJ(Wk)} = 0.0147 * \text{XP} * \text{dP} / 100 + 0.0312 * \text{XL} * \text{dL} / 100 \\ + 0.0136 * \text{XF} * \text{dF} / 100 + 0.0147 * \text{XX} * \text{dX} / 100 + 0.00234 * \text{XP}$$

In dieser Form der Darstellung ist offensichtlich, dass zu den analytisch bestimmaren Roh Nährstoffen deren Verdaulichkeiten erforderlich sind, um die ME zu berechnen. Hierzu sind im wesentlichen zwei Vorgehensweisen anwendbar:

Eine Möglichkeit besteht darin, die Verdaulichkeiten aus Tabellen zu verwenden. Üblicherweise werden die Werte aus den DLG-Tabellen genommen, welche dem betreffenden Futtermittel zugeordnet sind.

Auf einem anderen Weg kann man Schätzwerte für die Verdaulichkeiten (VQ) einsetzen, um die ME-Formel zu berechnen. Dazu sind Gleichungen abzuleiten, mit denen die VQ-Schätzwerte auf der Grundlage der analytisch ermittelten Rohnährstoffgehalte berechnet werden können. Diese Vorgehensweise wird hier verfolgt, indem Formelsätze für die Verdaulichkeiten entwickelt werden. Die Ergebnisse der beiden Verfahren werden abschließend verglichen.

Bei Schweinen wird ebenfalls die ME aus den verdaulichen Rohnährstoffen berechnet, die derzeit verwendete Formel nach den DLG- Futterwerttabellen Schweine (1991) lautet:

$$\text{ME MJ(Sw)} = 0.021 * \text{DXP} + 0.0374 * \text{DXL} + 0.0144 * \text{DXF} + 0.0171 * \text{DXX} \\ - 0.0014 * \text{XZ} - 0.0068 * (\text{BFS} - 100)$$

wobei der Abzug beim Zucker XZ ab 80 g/kg TM gilt, dann für gesamte XZ-Menge, BFS, die bakteriell fermentierbaren Substanzen sind DXF + DXX – XS – XZ.

Die ME-Formel für Schweine kann gleichfalls so umgeformt werden, dass Rohnährstoffe und Verdaulichkeiten direkt erscheinen:

$$\text{ME MJ(Sw)} = 0.021 * \text{XP} * \text{dP} / 100 + 0.0374 * \text{XL} * \text{dL} / 100 \\ + 0.0144 * \text{XF} * \text{dF} / 100 + 0.0171 * \text{XX} * \text{dX} / 100 \\ - 0.0014 * \text{XZ} - 0.0068 * (\text{BFS} - 100)$$

Zur Auflösung dieser Gleichung sind ebenso wie bei der Formel für Wiederkäuer Verdaulichkeiten einzusetzen. Man kann bei Futtermittel für Schweinen in vergleichbarer Weise Tabellen-VQ oder VQ-Schätzwerte verwenden.

2.2 Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe

Die Verdaulichkeiten eines Futtermittels bzw. dessen Rohnährstoffe (VQ) sind durch den Tierversuch definiert, für Wiederkäuer durch den Verdauungsversuch beim Hammel. Wie schon angedeutet, stellen die DLG-Futterwerttabellen eine umfassende Sammlung von Verdaulichkeitswerten dar.

Von den Instituten im deutschsprachigen Raum wurden neuere Verdauungsversuche mit Raps- oder Sojafuttermitteln abgefragt, die für die Auswertung geeignet sein

könnten. Diese werden zur Unterscheidung gegenüber den DLG-Tabellen mit Validierungsproben bezeichnet, auch wenn sie in die Bewertung mit einbezogen worden sind.

Folgende Einrichtungen stellten Ergebnisse von Verdauungsversuchen zur Verfügung

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft

Raumberg-Gumpenstein, Österreich

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Christian-Albrechts-Universität Kiel

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Münster

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena

Staatl. Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft

Aulendorf

ITE Grub

2.2.1 Datenmaterial zu den Verdaulichkeiten beim Wiederkäuer

In den DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer (1997) sind folgende Raps- oder Sojaerzeugnisse mit Verdaulichkeiten aus Verdauungsversuchen aufgelistet:

Raps, Samen alte Sorten	Sojabohne, Samen
Rapsextraktionsschrot „00“ Typ	Sojaextraktionsschrot, geschält
– alte Sorten	– aus ungeschälter Saat
Rapskuchen „00“ Typ, 12-20 % Fett	– mit überhöhtem Schalenanteil
– alte Sorten, 4-8 % Fett	Sojabohnenschalen
Rapsöl	Sojaöl

Alle Sojafuttermittel sind als dampferhitzt gekennzeichnet, das mit Formaldehyd behandelte Sojaextraktionsschrot wurde nicht aufgenommen. In der Tabelle 12 im Anhang sind die Werte für Raps- und Sojafuttermittel ausgewiesen.

Aus neueren Verdauungsversuchen mit Hammeln (Validierungsproben) standen zur Verfügung (siehe Tabellen 14 und 15 im Anhang):

16 Rapsextraktionsschrote (GRUBER 2005, KLUTH 2005, SPIEKERS u. a. 2000)

4 Rapskuchen (JILG, 2005, MENKE, 2005)

9 Sojaextraktionsschrote (GRUBER 2005, KLUTH 2005, MENKE, 2005)

1 Sojabohnensamen (OBERMAIER, 2005)

1 Sojaschalen (OBERMAIER, 2005)

2.2.2 Datenmaterial zu den Verdaulichkeiten beim Schwein

In den DLG-Futterwerttabellen Schweine (1991) sind folgende Raps- oder Sojaerzeugnisse mit Verdaulichkeiten aus Verdauungsversuchen enthalten:

Raps, Samen, „00“ Typ	Sojabohne, Samen
Rapsextraktionsschrot	Sojaextraktionsschrot, geschält
– „00“ Typ	– aus ungeschälter Saat
Rapskuchen 4-8 % Fett	– mit überhöhtem Schalenanteil
	Sojabohnenschalen
Rapsöl	Sojaöl

Als Validierungsproben waren die nachfolgend aufgeführten Verdauungsversuche mit Schweinen für diese Futtermittel verfügbar:

- 2 Rapssamen (SCHÖNE u. a. 1993)
- 1 Rapskuchen (SCHÖNE u. a. 1996)
- 4 Rapsextraktionsschrote (SCHÖNE u. a. 1992)
- 2 Sojasamen (AGUNBIADE u. a. 2004, SCHÖNE u. a. 1993)
- 1 Sojaextraktionsschrot HP (geschälte Saat) (PROPSTMEIER, 2005)
- 3 Sojaextraktionsschrote (ungeschälte Saat) (AGUNBIADE u. a. 2004, PROPSTMEIER, 2005, SCHÖNE u. a. 1992)
- 1 Sojabohnenkuchen (PROPSTMEIER, 2005)
- 1 Sojaschalen (PROPSTMEIER, 2005)

Die Verdaulichkeiten der Raps- und Sojaerzeugnisse für Schweine sind im Anhang (Tabellen 13, 16 und 17) aufgeführt.

2.2.1 Ableitung der Verdaulichkeiten

Für die Aufgabenstellung bietet es sich an, mit den vorliegenden Daten aus den analysierten Roh Nährstoffen auf die Verdaulichkeiten zu schließen. Dazu werden jeweils für Wiederkäuer und Schweine die Zusammenhänge von Roh Nährstoffwerten und Verdaulichkeiten untersucht und Schätzformeln abgeleitet. Das Ziel ist, die Abweichung der geschätzten von der gemessenen Verdaulichkeit möglichst klein zu halten. Die Futtermittel aus Raps und Soja werden getrennt behandelt, so dass für

jede diese Futtergruppen eigene Formeln zu bestimmen sind. Auf der Ebene der Verdaulichkeiten hat es sich als hinreichend gezeigt, lineare Regressionsgleichungen mit einem Faktor anzuwenden, wobei die Regressions-Variable (Bezugswert x) auch eine Transformation von Ausgangsvariablen sein kann. Eine Schätzgleichung y wird somit beschrieben mit dem Achsenabschnitt a (oder Absolutglied), dem Regressionsfaktor b (oder Steigung) und dem Bezugswert x.

$$y = a + b * x$$

2.3 Aminosäuren

Zur Ermittlung der Gehalte an Aminosäuren kann die Tatsache genutzt werden, dass die Aminosäurezusammensetzung eines Proteins sehr stabil ist. Deshalb werden die Veränderungen von Proteingehalten zur Schätzung der Aminosäuren verwendet. Als Datengrundlage werden die umfangreichen Sammlungen von DEGUSSA (1996, 2001) herangezogen.

2.4 Untersuchungsprofil

Die Ableitungen gehen von der Untersuchung der Rohnährstoffe nach der Weender Analyse aus. Es sind also die Gehalte an Trockenmasse, Rohasche, Rohprotein, Rohfett und Rohfaser zu bestimmen. Für den Futterwert bei Schweinen sind noch Stärke und Zucker erforderlich. Die Form der Untersuchung, ob nasschemisch oder mit optischen Verfahren wie z. B. mit der Nahe-Infra-Rot-Spektroskopie ist zwar eine Frage von Kosten und Genauigkeit, aber für die hier bearbeitete Auswertung nachrangig.

3. Ergebnisse

3.1 Schätzung der Verdaulichkeiten

Im Folgenden werden die Regressionsformeln zur Schätzung der Verdaulichkeiten aus Rohnährstoffgehalten dargestellt. Die Grafiken mit den Daten- und Schätzwerten sollen einen Eindruck von der Verteilung der Werte vermitteln (siehe Abbildungen 1 bis 8 im Anhang). Die Darstellung erfolgt jeweils für Raps- und Sojaerzeugnisse bei Wiederkäuern und Schweinen zu den Rohnährstoffen Rohprotein, Rohfett, Rohfaser und NfE. Die erreichte Genauigkeit wird aus den Differenzen der Verdaulichkeiten

DVQ (Schätzwert-VQ davon abgezogen VQ aus Versuch) abgeleitet. Es wird die durchschnittliche Differenz sowie deren Standardabweichung sDVQ angegeben, zusammengefasst über die Tabellen- und Validierungsdaten.

3.1.1 Verdaulichkeit Rohprotein

Als Bezugsgröße für die Schätzformel der Verdaulichkeit des Rohproteins (dPs) hat sich das Verhältnis von Rohprotein (XP) zu der Summe von Rohprotein, Rohfaser und NfE ($XPFX = XP / (XP + XF + XX) * 1000$) als zweckmäßig gezeigt. Sie kann auch als Anteil des Rohproteins an der fettfreien organischen Masse beschrieben werden. Damit wird geprüft, wie sich die Rohproteinverdaulichkeit mit dem Anteil an Rohprotein entwickelt. Der Wert von XPFX wird in g/kg dargestellt, er kann aus mathematischen Gründen nur zwischen 0 und 1000 liegen. Bei allen hier geprüften Futtergruppen steigt die Verdaulichkeit mit mehr Rohprotein an, d. h. Rohprotein ist besser verdaulich, wenn es mit weniger Kohlenhydraten, auch mit weniger Faserbestandteilen verbunden ist.

3.1.1.1 Verdaulichkeit Rohprotein Wiederkäuer

Bei der Auswertung zeigt sich für Sojaerzeugnisse eine große Spannbreite des Rohproteingehaltes bzw. des relativen Rohproteinanteils von Sojabohnenschalen mit sehr niedrigen Werten bis HP-Sojaschrot. Damit ist die Steigung der linearen Regression relativ sicher bestimmbar. Die Raps-erzeugnisse liegen in einem relativ engen Bereich des Rohproteinanteils, so dass sich kein gesicherter Steigungswert der Regression bestimmen lässt. Deshalb wird die Steigung von Sojaerzeugnissen angesetzt, die Schätzlinie des Rohprotein-VQ für Rapsfuttermittel liegt um 2 Prozentpunkte niedriger als bei Sojaerzeugnissen.

Schätzformel Verdaulichkeit Rohprotein (%), Wiederkäuer

Raps-erzeugnisse

$$dPs(\text{Wk Raps}) = 57 + 0,06 * XPFX$$

$$DVQ \ 0,25; \ sDVQ \ 2,4$$

Sojaerzeugnisse

$$dPs(\text{Wk Soja}) = 59 + 0,06 * XPFX$$

$$DVQ \ 0,1; \ sDVQ \ 3,6$$

3.1.1.2 Verdaulichkeit Rohprotein Schweine

Für die Verdaulichkeit des Rohproteins bei Schweinen wird als Bezugsgröße wie bei Wiederkäuern der Anteil des Rohproteins als XPFX benutzt. Die Verdaulichkeitsschätzung kann für Raps- und Sojaerzeugnisse den gleichen Steigungsfaktor verwenden, die Höhe ist für die beiden Futtergruppen parallel etwas verschoben.

Schätzformel Verdaulichkeit Rohprotein (%), Schweine

Raps-erzeugnisse

$$dPs(\text{Sw Raps}) = 34 + 0,1 * XPFX$$

$$DVQ 0,19; sDVQ 3,9$$

Soja-erzeugnisse

$$dPs(\text{Sw Soja}) = 32,5 + 0,1 * XPFX$$

$$DVQ 0,34; sDVQ 6,9$$

3.1.2 Verdaulichkeit Rohfett

Die Schätzung der Verdaulichkeit des Rohfettes (dLs) erfolgt mit der logarithmischen Transformation des Rohfettgehaltes (XL). Vom Rohfettwert wird der Logarithmus auf der Basis 10 (dekadischer Logarithmus) gebildet. Damit kann die hohe Verdaulichkeit von reinem Öl und der stärkere Abfall bei niedrigen Gehalten gut abgebildet werden. Die logarithmische Umformung des Rohfettgehaltes (LOG10(XL)) kann bei Wiederkäuern und Schweinen sowohl für Raps- wie auch Sojaerzeugnisse angewendet werden, jeweils aber mit eigenen Formeln. In den Tabellen mit den Rohfettwerten und Verdaulichkeiten sind zusätzlich die reinen Öle (Rapsöl, Sojaöl) aufgeführt. Wenn bei niedrigen Gehalten die Schätzung von der gemessenen Verdaulichkeit etwas abweicht, führt dies wegen des geringeren Beitrages bei einer solchen Rohfettmenge zu einer in der Regel vertretbaren Abweichung der Energieberechnung.

3.1.2.1 Verdaulichkeit Rohfett Wiederkäuer

Die Erzeugnisse aus Raps liegen in der Fettverdaulichkeit meist höher. Bei Sojaextraktionsschrotten sind bei den sehr niedrigen Fettgehalten geringe Verdaulichkeiten zu beobachten. Dies kann auch durch endogene Fettanteile im Kot

bei der Ermittlung im Verdauungsversuch mit verursacht sein. In der Bewertung sind Sojaerzeugnisse mit einem VQ von 0 herausgenommen.

Schätzformel Verdaulichkeit Rohfett (%), Wiederkäuer

Raps-erzeugnisse

$$dLs(Wk Raps) = 76 + 6 * LOG10(XL)$$

$$DVQ 0,7; sDVQ 4,8$$

Soja-erzeugnisse

$$dLs(Wk Soja) = 44 + 18 * LOG10(XL)$$

$$DVQ 0,6; sDVQ 13,5$$

3.1.2.2 Verdaulichkeit Rohfett Schweine

Die Verdaulichkeiten des Rohfettes zeigen auch bei Schweinen größere Schwankungen. Vor allem streuen diese bei niedrigen Fettgehalten in einem weiteren Bereich, welche aber auf die Energieberechnung nicht so stark durch schlagen.

Schätzformel Verdaulichkeit Rohfett (%), Schweine

Raps-erzeugnisse

$$dLs(Sw Raps) = 23 + 25 * LOG10(XL)$$

$$sDVQ 3,6; sDVQ 11,4$$

Soja-erzeugnisse

$$dLs(Sw Soja) = 21 + 26 * LOG10(XL)$$

$$DVQ 3,8; sDVQ 15,5$$

3.1.3 Verdaulichkeit Rohfaser

Der Rohnährstoff Rohfaser steht in gewisser Verbindung mit den N-freien Extraktstoffen (NfE, XX). Beide sind, weil asche-, protein- und fettfrei als kohlenhydratbasierte Fraktionen zu sehen. Aufgrund der analytischen Definition sind sie in gewisser Weise komplementär, Rohfaser ist der faserige Rückstand nach Laugen- und Säurenbehandlung, NfE der lösliche rechnerische Rest.

Für die Schätzgleichung der Verdaulichkeit sowohl der Rohfaser (dFs) wie auch der NfE (dXs) wird der Anteil der Rohfaser (XF) an der Summe von Rohfaser und NfE ($XF\% = XF / (XF + XX) * 1000$) verwendet. Im allgemeinen ist mit steigendem Anteil an Rohfaser ein gewisser Abfall in deren Verdaulichkeit zu erwarten.

3.1.3.1 Verdaulichkeit der Rohfaser für Wiederkäuer

Bei der Verdaulichkeit der Rohfaser von Raps-erzeugnissen deutet sich ein leichter Anstieg mit dem Rohfaseranteil an. Möglicherweise ist dies das Ergebnis von neu gezüchteten Sorten. Es ist auch möglich, eine konstante Verdaulichkeit von 40 % einzusetzen.

Im Gegensatz zu Raps liegen die Rohfaserverdaulichkeiten von Soja-erzeugnissen meist etwas über 80 %. In der Auswertung wurde ein Versuch mit Sojabohnensamen bei einer Verdaulichkeit der Rohfaser von 10 % ausgeschaltet. Es ergibt sich bei Sojafuttermitteln ein ganz geringer Abfall der Verdaulichkeit mit dem Rohfaseranteil. Es kann aber auch ein konstanter Rohfaser-VQ von 83 % verwendet werden.

Schätzformel Verdaulichkeit Rohfaser (%), Wiederkäuer

Raps-erzeugnisse

$$dFs(\text{Wk Raps}) = 28 + 0,04 * XFX \text{ oder } = 40 \text{ (konstant)}$$

$$DVQ 0,45; sDVQ 5,7$$

Soja-erzeugnisse

$$dFs(\text{Wk Soja}) = 85 - 0,01 * XFX \text{ oder } = 83 \text{ (konstant)}$$

$$DVQ -0,65; sDVQ 7,0$$

3.1.3.2 Verdaulichkeit der Rohfaser für Schweine

Bei den Verdauungsversuchen mit Schweinen ergeben sich einzelne sehr niedrige VQen der Rohfaser, die aber nicht überbewertet werden sollen. Bei Raps-erzeugnissen ist innerhalb eines engen Bereiches des Rohfaseranteils ein leichter Anstieg der Verdaulichkeit zu erkennen, ein konstanter VQ-Wert von 44 führt zu ähnlichen Abweichungen. Bei Soja-erzeugnissen zeigt sich ein geringer Abfall.

Schätzformel Verdaulichkeit Rohfaser (%), Schweine

Raps-erzeugnisse

$$dFs(\text{Sw Raps}) = 32 + 0,04 * XFX \text{ oder } = 44 \text{ (konstant)}$$

$$DVQ 0,75; sDVQ 12,2$$

Soja-erzeugnisse

$$dFs(\text{Sw Soja}) = 80 - 0,07 * XFX$$

$$DVQ 6,1; sDVQ 17,7$$

3.1.4 Verdaulichkeit N-freie Extraktstoffe (NfE)

Wie schon erwähnt, wird für die Ableitung der NfE-Verdaulichkeit (dXs) der relative Anteil der Rohfaser ($XFx = XF / (XF + XX) * 1000$) eingesetzt. Im allgemeinen ist mit steigendem Anteil an Rohfaser ein gewisser Abfall in der Verdaulichkeit der NfE zu erwarten.

3.1.4.1 Verdaulichkeit der NfE für Wiederkäuer

Die beiden Futtergruppen zeigen etwa ähnliche Verläufe, die Verdaulichkeit von Rapsfuttermitteln liegt etwas niedriger.

Schätzformel Verdaulichkeit NfE (%), Wiederkäuer

Rapszeugnisse

$$dXs(Wk Raps) = 99 - 0,05 * XFX$$

$$DVQ 0,7; sDVQ 7,8$$

Sojazeugnisse

$$dXs(Wk Soja) = 96 - 0,03 * XFX$$

$$DVQ 0,3; sDVQ 7,4$$

3.1.4.1 Verdaulichkeit der NfE für Schweine

Bei den Rapsfuttermitteln zeigt sich bei den neueren Untersuchungen eine leicht erhöhte Verdaulichkeit der NfE, was in einem geringen Anstieg der Gleichung, abhängig vom relativen Rohfaseranteil sich wiederfindet. Sojafuttermittel mit niedrigen Rohfaseranteilen sind in der NfE besser verdaulich.

Schätzformel Verdaulichkeit NfE (%), Schweine

Rapszeugnisse

$$dXs(Sw Raps) = 70 + 0,03 * XFX$$

$$DVQ 0,7; sDVQ 7,8$$

Sojazeugnisse

$$dXs(Sw Soja) = 98 - 0,04 * XFX$$

$$DVQ 0,16; sDVQ 4,45$$

3.2 Ableitung von Aminosäurefaktoren

Bei der Ableitung von Aminosäuregehalten kann man von der biologischen Gegebenheit ausgehen, dass die Anteile an Aminosäuren einer Proteinart konstant sind. In gewissem Maße darf weiter unterstellt werden, dass Verschiebungen der Proteinarten mit der Proteinmenge einhergehen. Deshalb sind Schätzungen des Aminosäuregehaltes aus dem Rohproteingehalt erstellbar.

Bei der Angabe von Aminosäurewerten sind verschiedene Bezugsgrößen möglich: Prozent (%) oder g je kg, jeweils bezogen auf Rohstoff, auf Trockenfutter (mit 88 % = 880 g TM/kg) auf Trockenmasse oder Rohprotein. In der Anwendung ist dazu Sorgfalt erforderlich. In den folgenden Tabellen sind die Gleichungen der DEGUSSA für die in der Fütterungspraxis bedeutsamen Aminosäuren umgesetzt. Die Werte beziehen sich auf g je kg, d. h. als XP-Wert ist das Rohprotein in g je kg TM einzusetzen, das Ergebnis ist g Aminosäure je kg TM.

Aus den Tabellenwerken von DEGUSSA (2001, 1996) sind mit den Gleichungen für Rapsextraktionsschrot die Faktoren der Tabelle 7 abgeleitet.

Tab. 7: Faktoren zur Abschätzung der Aminosäuren von Rapserzeugnissen
(g AS/kg TM Futter)

Factors of amino acids in products out of rapeseed (g AA/kg dm)

Aminosäure	Aminosäuren- faktor * XP	Regressions- faktor * XP	Achsen- abschnitt Konstante
Lysin	0,0532	0,0547	0,59
Methionin	0,0199	0,0189	0,42
Cystin	0,0242	0,0312	-2,88
Met + Cys	0,0441	0,0501	-2,46
Threonin	0,0427	0,0295	5,34
Tryptophan	0,0132	0,0181	-1,99

Für Sojaerzeugnisse sind aus den DEGUSSA-Tabellen die Gleichungen zwischen den Extraktionsschroten (534 g XP/kg T) und den Sojaschalen (mit 125 g XP/kg) interpoliert. Das heißt, dass die Regression durch die Aminosäurewerte der beiden Sojafutterarten gelegt wurde und damit die gesamte Spannbreite an Rohproteingehalten abgedeckt ist. Die Parameter der Schätzgleichungen sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Tab. 8: Faktoren zur Abschätzung der Aminosäuren von Sojaerzeugnissen
(g AS/kg TM Futter)

Factors of amino acids in products out of soybeans (g AA/kg dm)

Aminosäure	Aminosäuren- faktor * XP	Regressions- faktor * XP	Achsen- abschnitt Konstante
Lysin	0,0600	0,0597	0,16
Methionin	0,0136	0,0144	-0,44
Cystin	0,0150	0,0144	0,36
Met + Cys	0,0287	0,0289	-0,08
Threonin	0,0387	0,0397	-0,52
Tryptophan	0,0133	0,0136	-0,22

4. Diskussion und Anwendung

Die abgeleiteten Gleichungen sind im Folgenden tabellarisch zusammengestellt und werden an Beispielen angewendet. Die Genauigkeit der Energieschätzung wird dargestellt sowie die gewählte Vorgehensweise mit anderen Möglichkeiten verglichen.

4.1 Anwendung Verdaulichkeitsschätzung und Energieberechnung

4.1.1 Zusammenstellung der Gleichungsfaktoren

In folgender Tabelle sind die Faktoren zur Schätzung der Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe für Raps- und Sojaerzeugnisse, jeweils für Wiederkäuer und Schweine zusammengefasst.

Tab. 9: Faktoren zur VQ-Schätzung (%) der Rohnährstoffe

Factors for estimation the digestibility of crude nutrients

Rohnährstoff	Achsen- abschnitt a	Regr.- faktor b	Bezugs- wert x
Raps- und Sojaerzeugnisse Wiederkäuer			
Rohprotein	57	+ 0,06	XPFX
Rohfett	76	+ 6	LOG10(XL)
Rohfaser	28	+ 0,04	XFX
NfE	99	- 0,05	XFX

Sojaerzeugnisse Wiederkäuer			
Rohprotein	59	+ 0,06	XPFX
Rohfett	44	+ 18	LOG10(XL)
Rohfaser	85	- 0,01	XFX
NfE	96	- 0,03	XFX
Rapszeugnisse Schweine			
Rohprotein	34	+ 0,10	XPFX
Rohfett	23	+ 25	LOG10(XL)
Rohfaser	32	+ 0,04	XFX
NfE	70	+ 0,03	XFX
Sojaerzeugnisse Schweine			
Rohprotein	32,5	+ 0,10	XPFX
Rohfett	21	+ 26	LOG10(XL)
Rohfaser	80	- 0,07	XFX
NfE	98	- 0,04	XFX

4.1.2 Beispielsberechnung

Die Anwendung der Schätzgleichungen soll am Beispiel eines (fiktiv gewählten) Rapskuchens aufgezeigt werden. Die Analysenwerte seien:

360 g XP, 130 g XL, 120 g XF, 320 g XX.

Für Stärke und Zucker werden hier Werte nach Tabelle eingesetzt: 0 XS, 115 XZ.

Daraus ergeben sich die folgenden abgeleiteten (transformierten) Bezugsgrößen:

$$\begin{aligned}
 \text{XPFX} &= \text{XP} / (\text{XP} + \text{XF} + \text{XX}) * 1000 \\
 &= 360 / (360 + 120 + 320) * 1000 = 450 \\
 \text{LOG10(XL)} &= \text{LOG10}(130) = 2,114 \\
 \text{XFX} &= \text{XF} / (\text{XF} + \text{XX}) * 1000 \\
 &= 120 / (120 + 320) * 1000 = 273
 \end{aligned}$$

Zur Berechnung der ME für Wiederkäuer werden die VQ-Gleichungen für Rapszeugnisse benutzt:

$$\begin{aligned}
 \text{dPs(Wk Raps)} &= 57 + 0,06 * 450 = 84,0 \\
 \text{dLs(Wk Raps)} &= 76 + 6 * 2,114 = 88,7 \\
 \text{dFs(Wk Raps)} &= 28 + 0,04 * 273 = 38,9 \\
 \text{dXs(Wk Raps)} &= 99 - 0,05 * 273 = 85,4
 \end{aligned}$$

Diese Verdaulichkeiten in die ME-Formel eingesetzt ergibt den Energiegehalt für Wiederkäuer:

$$\begin{aligned}
 \text{ME (Wk)} &= 0,0147 * 360 * 84,0 / 100 && (4,45) && (\text{XP}) \\
 &+ 0,0312 * 130 * 88,7 / 100 && (3,60) && (\text{XL}) \\
 &+ 0,0136 * 120 * 38,9 / 100 && (0,63) && (\text{XF}) \\
 &+ 0,0147 * 320 * 85,4 / 100 && (4,02) && (\text{XX}) \\
 &+ 0,00234 * 360 && (0,84) && (\text{XP}) \\
 &= && && 13,54 \text{ MJ / kg TM}
 \end{aligned}$$

Auf die Berechnung der ME für Schweine angewendet, werden diese VQ-Formeln für Rapsgerzeugnisse benutzt:

$$\begin{aligned}
 \text{dPs(Sw Raps)} &= 34 + 0,10 * 450 && = 79,0 \\
 \text{dLs(Sw Raps)} &= 23 + 25 * 2,114 && = 75,9 \\
 \text{dFs(Sw Raps)} &= 32 + 0,04 * 273 && = 42,9 \\
 \text{dXs(Sw Raps)} &= 70 + 0,03 * 273 && = 78,2
 \end{aligned}$$

Bei der ME-Berechnung für Schweine sind die BFS zu berechnen, die sich hier ergeben zu:

$$\text{BFS} = 120 * 42,9 / 100 + 320 * 78,2 / 100 - 0 - 115 = 135$$

Diese Verdaulichkeiten in die Energieformel eingesetzt ergibt den ME-Gehalt für Schweine in MJ:

$$\begin{aligned}
 \text{ME (Sw)} &= 0,0210 * 360 * 79,0 / 100 && (5,97) && (\text{XP}) \\
 &+ 0,0374 * 130 * 75,9 / 100 && (3,69) && (\text{XL}) \\
 &+ 0,0144 * 120 * 42,9 / 100 && (0,74) && (\text{XF}) \\
 &+ 0,0171 * 320 * 78,2 / 100 && (4,28) && (\text{XX}) \\
 &- 0,0014 * 115 && (-0,16) && (\text{XZ}) \\
 &- 0,0068 * (135 - 100) && (-0,24) && (\text{BFS}) \\
 &= && && 14,28 \text{ MJ / kg TM}
 \end{aligned}$$

4.1.3 Bewertung der Genauigkeit der ME-Schätzung

Bei den Verdaulichkeiten sind die Differenzen von Schätzwert und Versuch DVQ sowie deren Standardabweichungen sDVQ angegeben. In vergleichbarer Weise werden die Abweichungen der ME-Berechnungen verglichen, sowohl mit eingesetzten Tabellenverdaulichkeiten wie mit den VQ-Schätzungen, jeweils

gegenüber den Verdauungsversuchen. Zur Beurteilung werden die Tabellen- und Validierungsdaten zusammengefasst und die gemitteten Abweichungen und deren Standardabweichungen angegeben. In diese Berechnungen gehen die im Abschnitt 2 sowie in den Tabellen 12 bis 17 aufgeführten Daten aus DLG-Tabellen und Verdauungsversuchen (Validierungsproben) ein. Da bei den Validierungsproben die Angaben zu Stärke und Zucker nicht vollständig sind, wird die ME Schweine ohne die Zucker- und BFS-Korrekturen angegeben.

Tab. 10: Abweichungen und Streuungen der ME-Schätzung (MJ/ kg TM)

Differences and distribution of the estimation of ME

	Mittenswert	Standardabw.
Raps-erzeugnisse Wiederkäuer		
Versuch	12,48	1,29
Abweich. ME Tab.VQ - Versuch	+ 0,14	0,22
Abw. ME Schätz.VQ - Versuch	+ 0,06	0,27
Soja-erzeugnisse Wiederkäuer		
Versuch	13,33	1,36
Abweich. ME Tab.VQ - Versuch	- 0,05	0,66
Abw. ME Schätz.VQ - Versuch	- 0,02	0,51
Raps-erzeugnisse Schweine		
Versuch	14,38	3,77
Abweich. ME Tab.VQ - Versuch	- 0,49	1,15
Abw. ME Schätz.VQ - Versuch	+ 0,59	1,12
Soja-erzeugnisse Schweine		
Versuch	15,95	2,32
Abweich. ME Tab.VQ - Versuch	+ 0,24	0,79
Abw. ME Schätz.VQ - Versuch	+ 0,14	0,72

Größere Abweichungen von Schätzwerten gegenüber den Ergebnissen aus dem Versuch ergeben sich auch daraus, dass auffällige Werte hier nicht ausgeschlossen worden sind (aber bei der Formelentwicklung nicht berücksichtigt sind). Von der erreichbaren Genauigkeit sind die beiden Ansätze mit Tabellen-VQ oder geschätzten VQ etwa gleichwertig. Ein Vorteil der Schätzgleichungen ergibt sich daraus, dass dabei nur die Futtergruppe, hier Raps- oder Soja-erzeugnis fest gelegt werden muss. Im anderen Fall ist die Futterart genau anzugeben, um die entsprechenden Verdaulichkeiten zuzuordnen. Von einzelnen Futtermitteln liegen nur wenige Verdauungsversuche vor, mit entsprechend unsichereren VQ-Werten.

4.1.4 Vergleich der gewählten Vorgehensweise mit anderen Möglichkeiten

In Arbeiten mit der Zielsetzung, den Energiegehalt in Futtermitteln zu schätzen, werden häufig Mehrfachregressionen entwickelt. Dabei wird der Energiegehalt direkt als Zielvariable in Abhängigkeit der verfügbaren Analysenkennwerte auf der Grundlage von Verdauungsversuchen geschätzt. Um stabile Gleichungen zu erhalten ist eine große Anzahl an Versuchen mit einer gut gestreuten Verteilung erforderlich. Da solche Daten im notwendigen Umfang für die Fragestellung (Raps- und Sojaerzeugnisse, Energie für Wiederkäuer und Schweine) nicht vorlagen, erübrigte sich dieses Unterfangen.

Als Vorzug der vorgenommenen Ermittlung des Energiegehaltes über die Schätzung der Verdaulichkeiten kann gesehen werden, dass damit auch die verdauten bzw. unverdauten Rohnährstoffe für eine Berechnung von Ausscheidungsmengen verwendet werden können.

4.2 Anwendung von Aminosäurefaktoren

Die vorher gezeigten Faktoren für die Schätzung der Aminosäuregehalte können in verschiedener Weise angewendet werden. Aus dem Aminosäurefaktor, das ist der mittlere Gehalt je kg Rohprotein, lassen sich mit dem festgestellten XP-Gehalt durch einfache Multiplikation die Aminosäuregehalte des Futters errechnen. Eine Anpassung an eine veränderte Proteinzusammensetzung (AS-Anteile am XP) erfolgt dabei nicht. Diese Rechnung ist innerhalb der Raps- oder Sojaerzeugnisse für alle Futtermittel anwendbar, auch eine Umrechnung auf Trockenmasse ist nicht erforderlich. Die zu erwartende Fehleinschätzung dürfte sich im Rahmen halten. Beispielhaft ergeben sich für den Rapskuchen mit 360 g Rohprotein in der TM folgende Lysin- und Methioningehalte:

$$\begin{aligned} \text{AS (g/kg)} &= \text{Aminosäurefaktor} * \text{XP (g/kg TM)} \\ \text{Lys:} &= 0,0532 * 360 = 19,2 \text{ g/ kg TM} \\ \text{Met:} &= 0,0199 * 360 = 7,2 \text{ g/ kg TM} \end{aligned}$$

Soll die veränderte Proteinwertigkeit berücksichtigt werden, sind die Regressionsrechnungen an zuwenden. In einfacher Form gelten diese für fettarme Raps- und Sojaerzeugnisse (Extraktionsschrote), wobei die Formel auf TM-Angabe beruht. Bei fettreicheren Futtermitteln wie Kuchen oder vollfetten Samen ergibt sich wegen der anteiligen Verdrängung durch das Rohfett ein niedriger Rohproteingehalt.

Um die Proteinveränderung in der Wirkung auf die Aminosäuren korrekt zu bewerten, ist eine Korrektur auf den Fettgehalt erforderlich. Nach den DLG-Tabellen kann von rund 25 g Rohfett/kg TM im Rapsextraktionsschrot oder 15 g/kg TM im Sojaextraktionsschrot ausgegangen werden. Für das Beispiels des Rapskuchens ergibt sich folgender Faktor:

$$\begin{aligned}\text{Fett-Korrekturfaktor} &= (1000 - \text{XL} + 25) / 1000 \\ &= (1000 - 130 + 25) / 1000 = 0,895\end{aligned}$$

Mit diesem Korrekturfaktor könnte der in der Aminosäureformel einzusetzende Rohproteingehalt angepasst werden. Einfacher in der Anwendung erscheint aber die Korrektur des Achsenabschnittes der Formel:

$$\begin{aligned}\text{AS (g/kg)} &= \text{Regressionsfaktor} * \text{XP (g)} + \text{Achsenabschnitt} * \text{Fett-Korrektur} \\ \text{Lys:} &= 0,0547 * 360 + 0,59 * 0,895 = 20,2 \text{ g/ kg TM} \\ \text{Met:} &= 0,0189 * 360 + 0,42 * 0,895 = 7,2 \text{ g/ kg TM}\end{aligned}$$

Da sich die angesetzten Rohproteingehalte im mittleren Bereich bewegen, kommen die beiden Wege (Aminosäurefaktor, Regressionsformel) zu ähnlichen Ergebnissen. Gewisse Unterschiede können sich bei stärker abweichenden Rohproteinwerten und Aminosäuren mit einem höheren Betrag des Achsenabschnittes zeigen. Zur Anwendung in der Fütterungspraxis dürfte bei Raps- und Sojafuttermitteln in der Regel die Genauigkeit des etwas einfacher handhabbaren Aminosäurefaktors ausreichen.

4.3 Anwendung in der Fütterungspraxis

Mit den hier erarbeiteten Formeln kann man aus den Ergebnissen einer Untersuchung von Raps- oder Sojaerzeugnissen nach der Weender Analyse die probenspezifischen Energiegehalte für Wiederkäuer und Schweine errechnen sowie die Gehalte der bedeutsamen Aminosäuren ableiten. Die gewonnenen Erkenntnisse können von Untersuchungseinrichtungen oder in der Futterberatung genutzt werden, indem die dargestellten Zusammenhänge in die jeweiligen Berechnungsabläufe eingegliedert werden.

Abkürzungen

Tab. 11: Verzeichnis der Abkürzungen

Listing of abbreviations

Abkürzung	Einheit	Beschreibung
TM	g/kg	Trockenmasse
XP	g/kg TM	Rohprotein
XL	g/kg TM	Rohfett
XF	g/kg TM	Rohfaser
XX	g/kg TM	N-freie Extraktstoffe, NfE
XS	g/kg TM	Stärke
XZ	g/kg TM	Zucker
DXP	g/kg TM	verdauliches Rohprotein
DXL	g/kg TM	verdauliches Rohfett
DXF	g/kg TM	verdauliche Rohfaser
DXX	g/kg TM	verdauliche NfE
dP	%, v.H.	VQ, Verdaulichkeit Rohprotein
dL	%, v.H.	VQ, Verdaulichkeit Rohfett
dF	%, v.H.	VQ, Verdaulichkeit Rohfaser
dX	%, v.H.	VQ, Verdaulichkeit NfE
dPs	%, v.H.	Schätzwert VQ Rohprotein
dLs	%, v.H.	Schätzwert VQ Rohfett
dFs	%, v.H.	Schätzwert VQ Rohfaser
dXs	%, v.H.	Schätzwert VQ NfE
ME MJ (Wk)	MJ/kg TM	Umsetzbare Energie Wiederkäuer
ME MJ (Sw)	MJ/kg TM	Umsetzbare Energie Schweine
BFS	g/kg TM	bakteriell fermentierbare Substanzen = DXF + DXX – XS – XZ
XPFX	g	relativer Rohproteinanteil = $XP / (XP + XF + XX) * 1000$
XFX	g	relativer Rohfaseranteil = $XF / (XF + XX) * 1000$
VQ	%, v.H.	Verdaulichkeitsquotient
DVQ	%, v.H.	Differenz VQ Versuch – Schätzwert
sDVQ	%, v.H.	Standardabweichung DVQ

Literaturverzeichnis

- AGUNBIADE, J. A., SUSENBETH, A., SÜDEKUM, K.-H., 2004: Comparative nutritive value of cassava leaf meal, soya beans, fish meal and casein in diets for growing pigs. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 88, 30-38
- DEGUSSA, 1996: Die Aminosäuren-Zusammensetzung von Futtermitteln. 4. Auflage
- DEGUSSA AG FEED ADDITIVES 2001: The Amino Acid Composition of Feedstuffs. 5th completely revised edition
- DLG-FUTTERWERTTABELLEN SCHWEINE, 1991: 6. Auflage. Frankfurt am Main
- DLG-FUTTERWERTTABELLEN WIEDERKÄUER, 1997: 7. Auflage. Frankfurt am Main
- GRUBER, L., 2005: Persönliche Mitteilung, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein
- JILG, T., 2005: Persönliche Mitteilung, Staatl. Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft, Aulendorf
- KLUTH, H., 2005: Persönliche Mitteilung, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- PROPSTMEIER, H., 2005: Persönliche Mitteilung, ITE Grub
- MENKE, A., 2005: Persönliche Mitteilung, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
- OBERMAIER, A., 2005: Persönliche Mitteilung, ITE Grub
- SPIEKERS, H., RODEHUTSCORD, M., SÜDEKUM, K.-H., 2000: Rapsextraktionsschrot häufig zu hoch bewertet. *Kraftfutter* 9/00, 343-348
- SCHÖNE, F., KIRCHHEIM, U., JAHREIS, G, LANGE, R., 1993: Prüfung von Rapssaat mit vermindertem Glucosinolatanteil im Verdauungsversuch an wachsenden Schweinen. *Das wirtschaftseigene Futter* 39, 189-200

- SCHÖNE, F., KIRCHHEIM, U., SCHUMANN, W., LÜDKE, H., 1996: Apparent digestibility of high-fat rapeseed press cake in growing pigs and effects on feed intake, growth and weight of thyroid and liver. *Animal Feed Science Technology* 62, 97-110
- SCHÖNE, F., LÜDKE, H., SCHNEIDER, A., ZANDER, R., HENNING, A., 1992: Prüfung von Extraktionsschrotten aus Winterrapssaat mit unterschiedlichem Gucosinolatanteil an Schweinen unter Berücksichtigung der Jod-Versorgung. 3. Mitteilung: Scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe unter besonderer Berücksichtigung der Kohlenhydrate und N-Bilanz. *Arch. Anim. Nutr.* 42, 11-24
- THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 1997: Abschlussbericht Einsatz von Rapssaat und Rapskuchen in der Fütterung von Rind und Schwein sowie Auswirkungen auf die Qualität der tierischen Erzeugnisse. Forschungs-Thema: 93HS 025/1997

Anhang: Abbildungen Verdaulichkeiten Rohnährstoffe

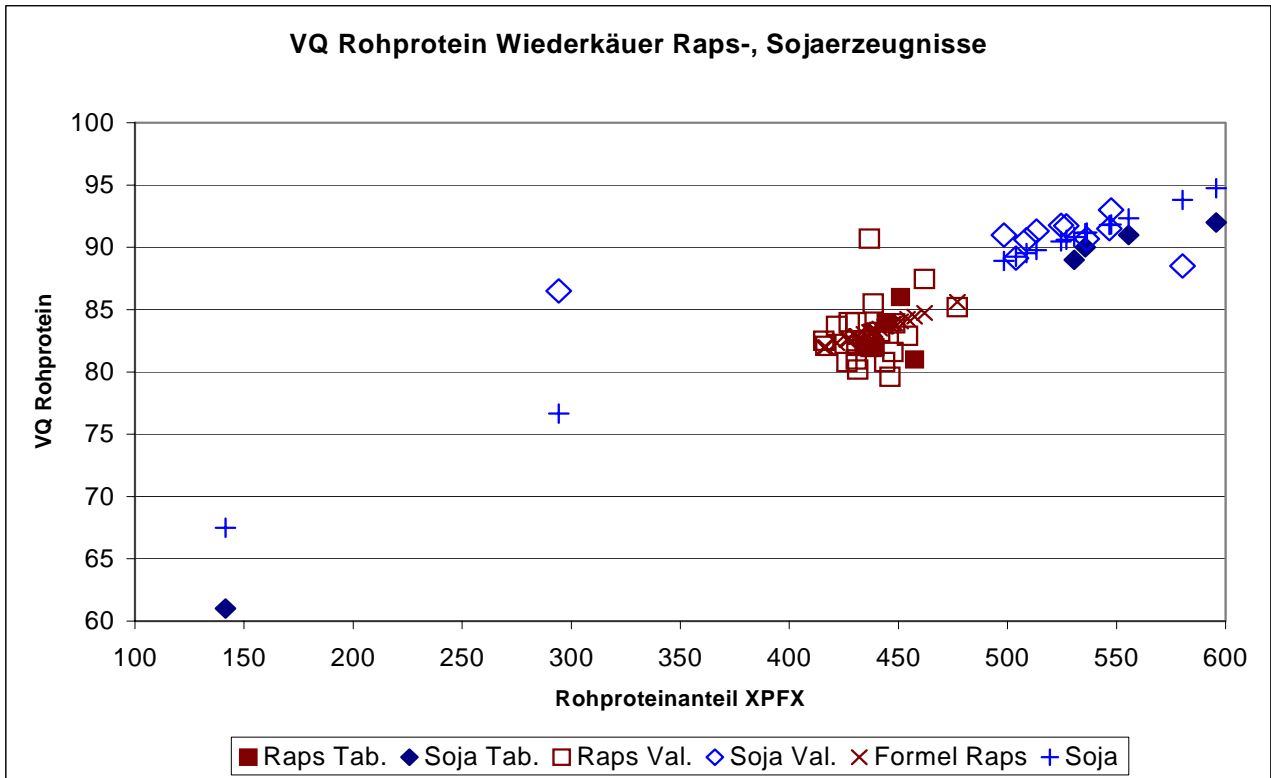


Abbildung 1: Verdaulichkeit Rohprotein für Wiederkäuer
Digestibility of crude protein for ruminants

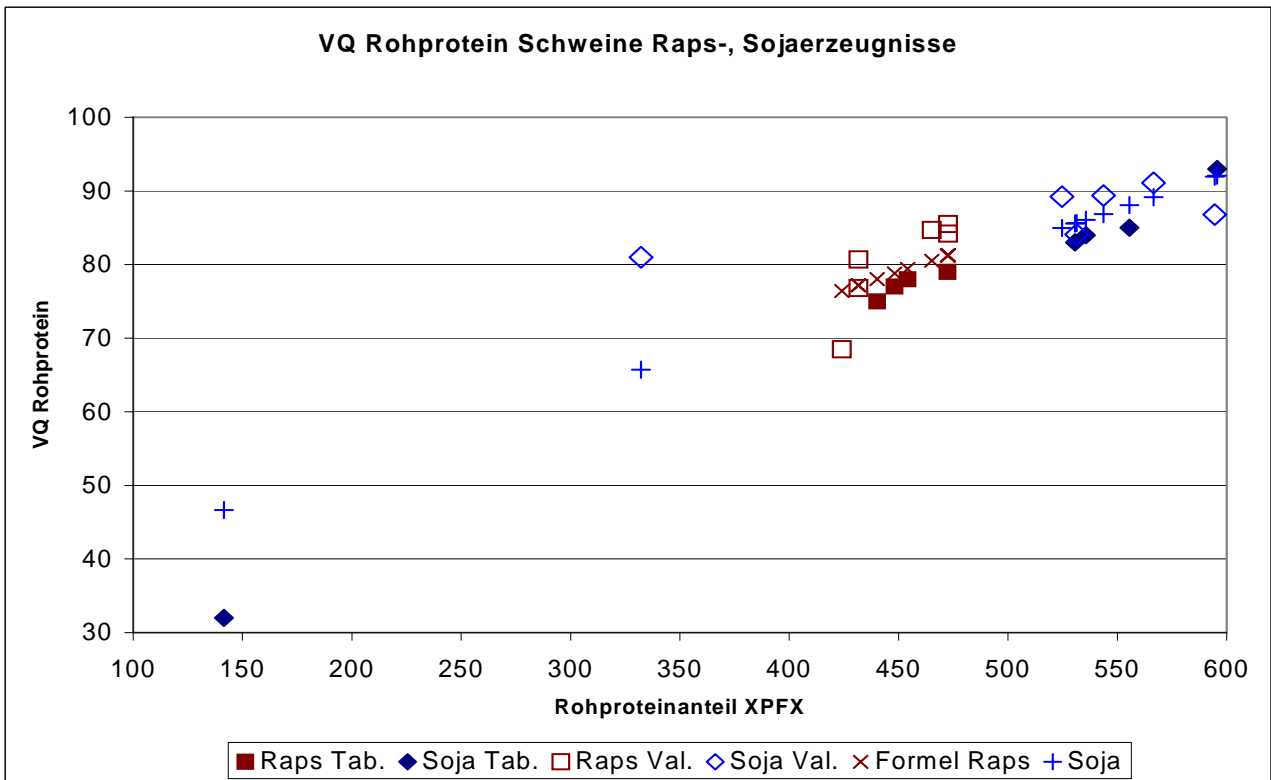


Abbildung 2: Verdaulichkeit Rohprotein für Schweine
Digestibility of crude protein for swine

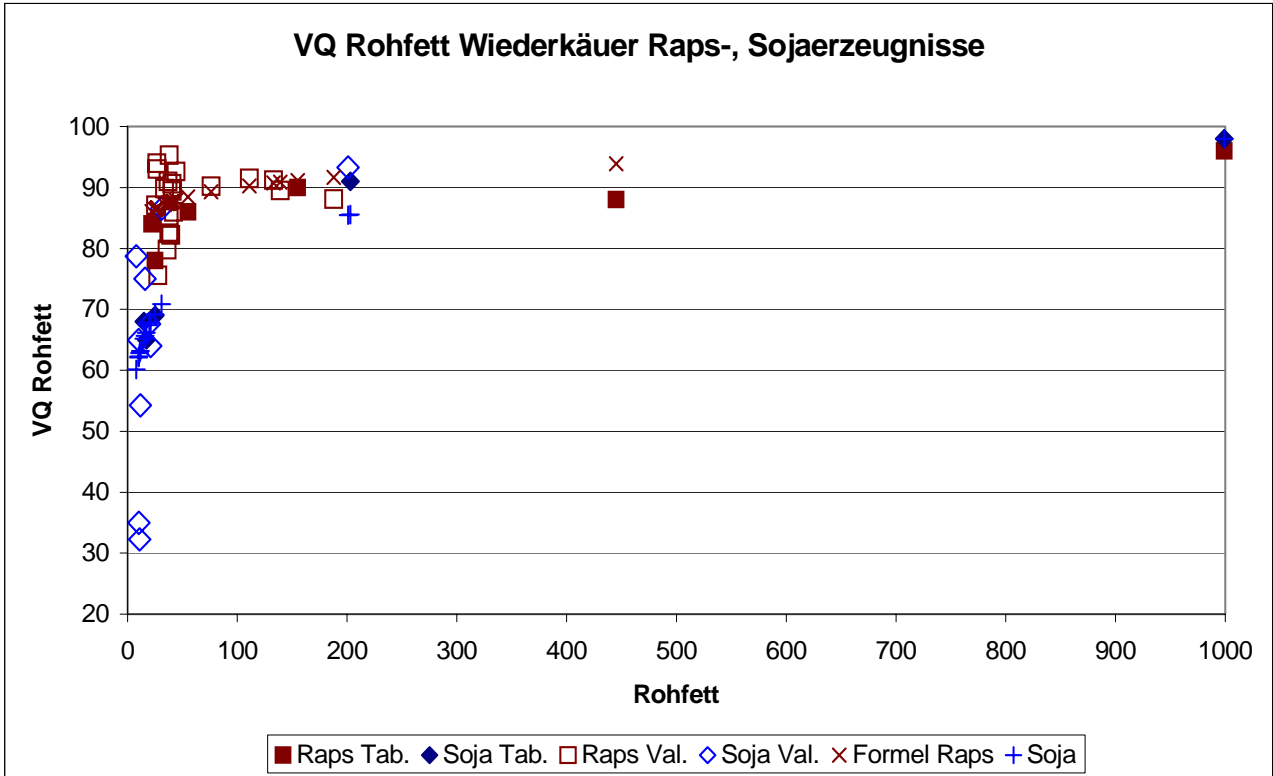


Abbildung 3: Verdaulichkeit Rohfett für Wiederkäuer
Digestibility of crude fat for ruminants

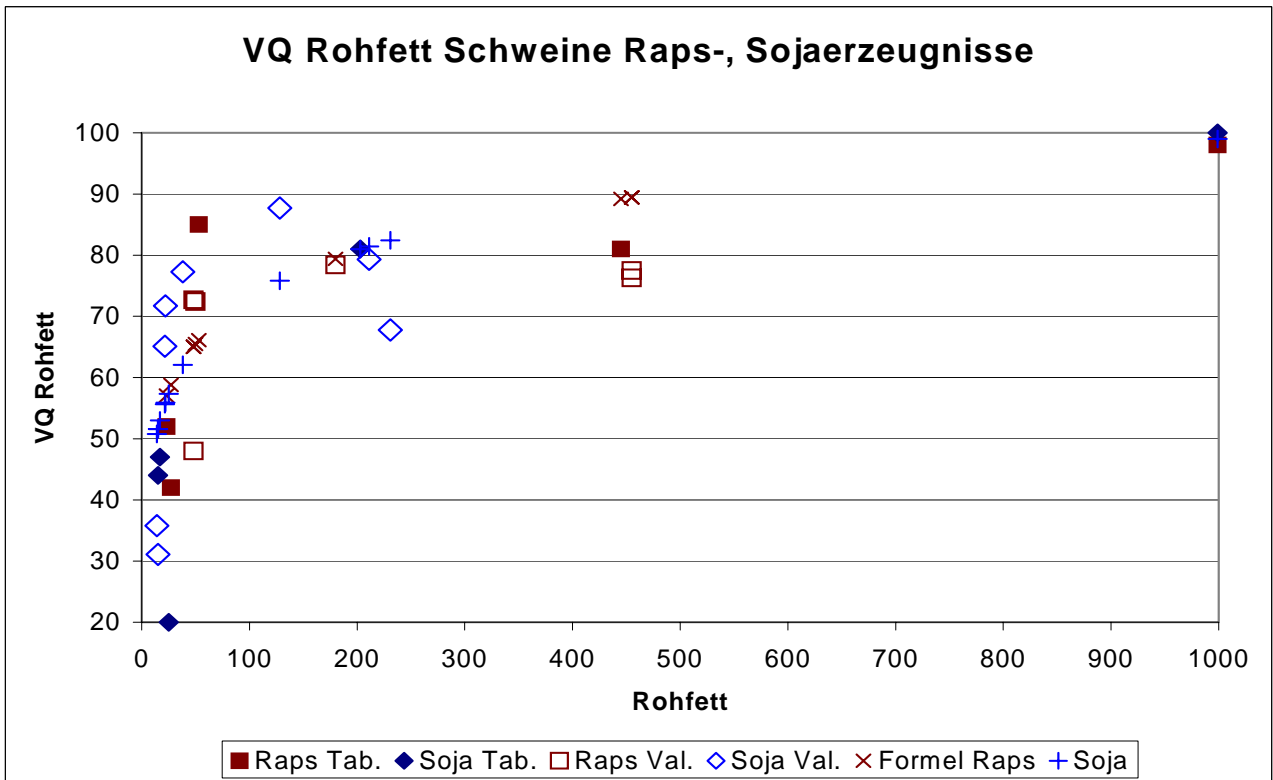


Abbildung 4: Verdaulichkeit Rohfett für Schweine
Digestibility of crude fat for swine

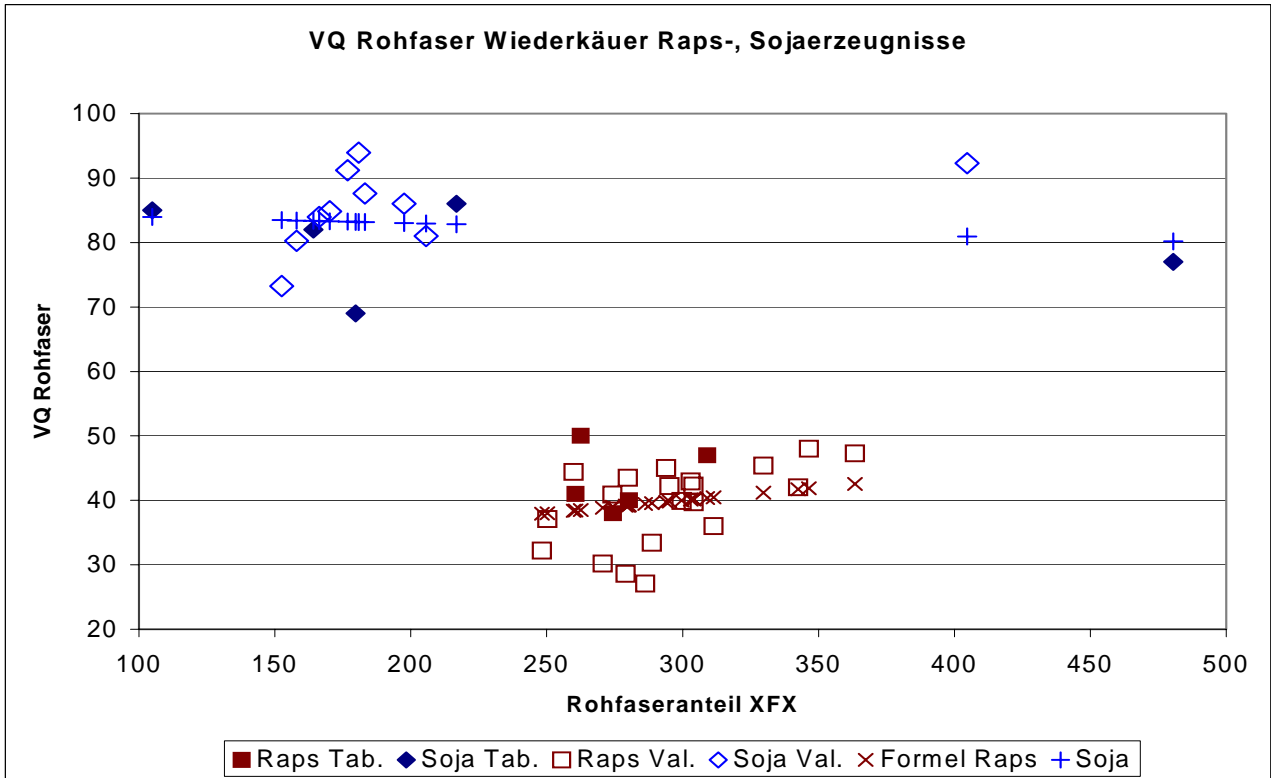


Abbildung 5: Verdaulichkeit Rohfaser für Wiederkäuer
Digestibility of crude fiber for ruminants

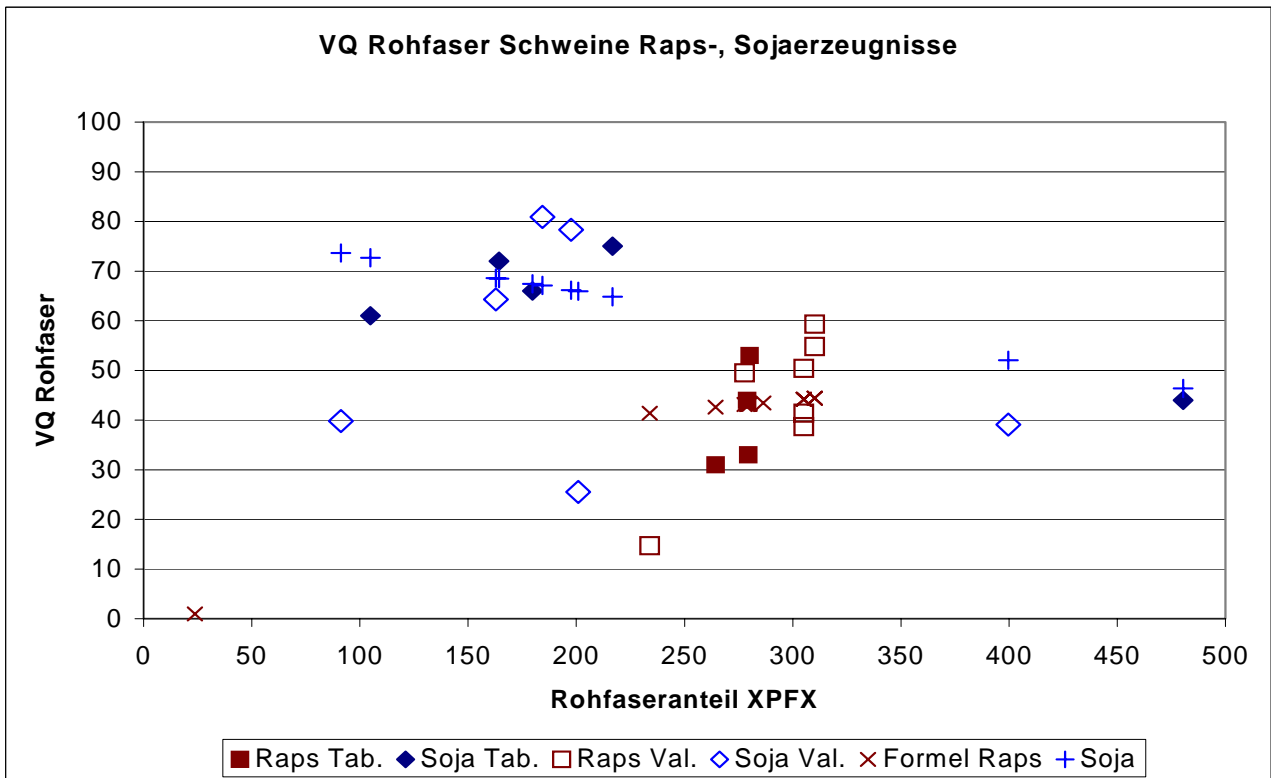


Abbildung 6: Verdaulichkeit Rohfaser für Schweine
Digestibility of crude fiber for swine

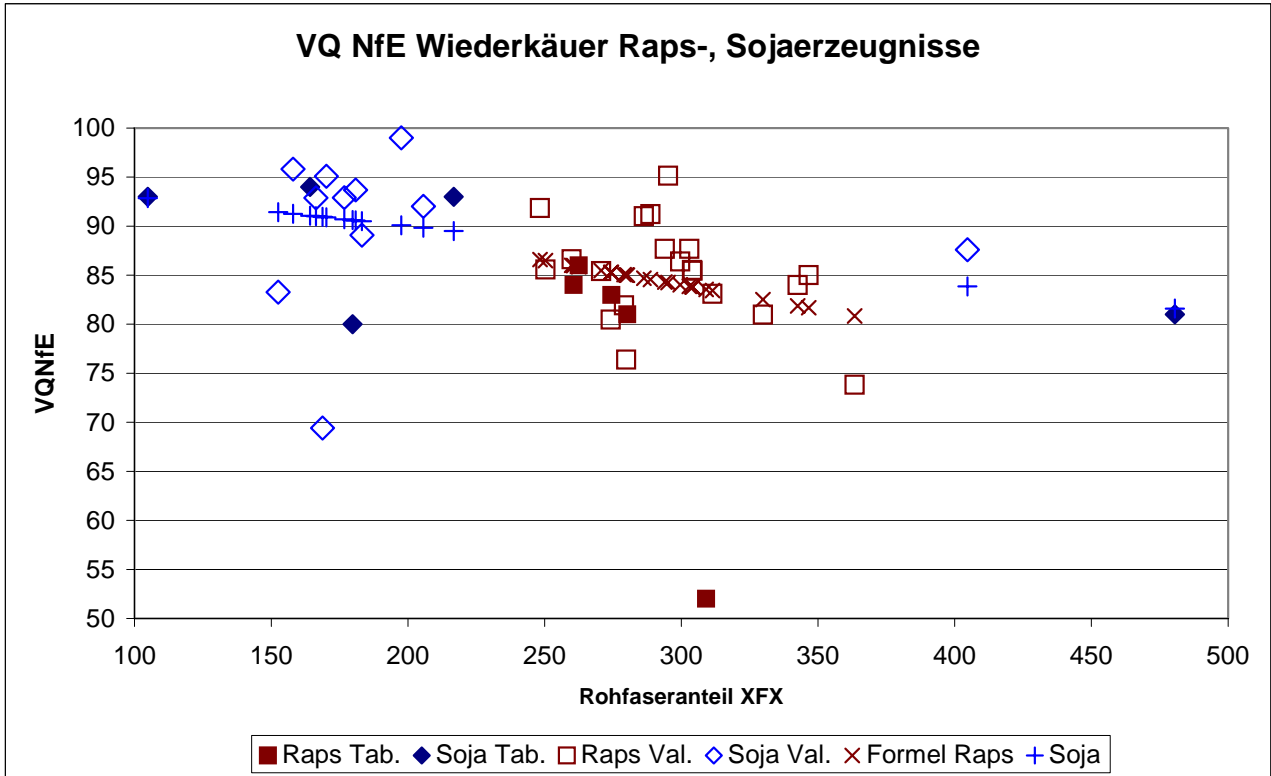


Abbildung 7: Verdaulichkeit NfE für Wiederkäuer
Digestibility of NfE for ruminants

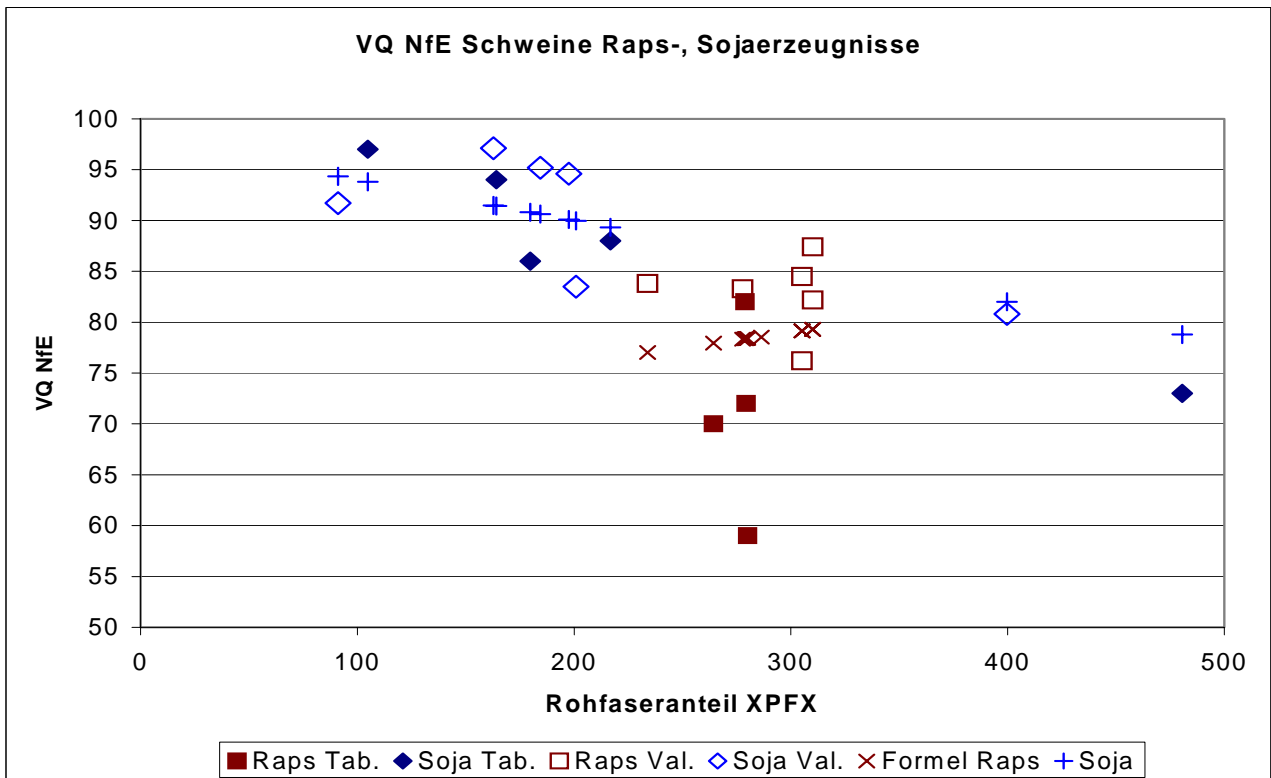


Abbildung 8: Verdaulichkeit NfE für Schweine
Digestibility of NfE for swine

Anhang: Tabellen Rohnährstoffe und Verdaulichkeiten

Tab. 12: Rohnährstoffe (g/kg TM) und VQ %, DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer
Crude nutrients and digestibility, DLG-tables ruminants

Futtermittel (Anzahl Proben) (Anzahl der Verdauungsversuche)	XP VQ XP	XL VQ XL	XF VQ XF	XX VQ XX
Raps, Samen alte Sorten (10) (3)	221 82	445 88	89 47	199 52
Rapsextraktionsschrot "00" Typ (62) (3)	399 84	25 78	131 50	368 86
Rapsextraktionsschrot alte Sorten (414) (14)	394 82	22 84	138 38	365 83
Rapskuchen "00" Typ, 12-20 % Fett (11) (3)	350 86	155 90	111 41	315 84
Rapskuchen alte Sorten, 4-8 % Fett (42) (3)	397 81	55 86	132 40	339 81
Rapsöl (3) (2)		999 96		
Sojabohne Samen (140) (6)	398 90	203 91	62 69	283 80
Sojaextraktionsschrot geschält (318) (1)	548 92	13 0	39 85	333 93
Sojaextr.-schrot ungeschält (999) (14)	510 91	15 68	67 82	341 94
Sojaextr.-schrot schalenreich (306) (4)	485 89	17 65	93 86	336 93
Sojabohnenschalen (51) (21)	131 61	25 69	382 77	413 81
Sojaöl (3) (2)		999 98		

Tab. 13: Rohnährstoffe (g/kg TM) und VQ %, DLG-Futterwerttabellen Schweine
Crude nutrients and digestibility, DLG-tables swine

Futtermittel (Anzahl Proben) (Anzahl der Versuchstiere)	XP VQ XP	XL VQ XL	XF VQ XF	XX VQ XX
Raps, Samen "00" Typ (11) (9)	229 77	445 81	79 53	203 59
Rapsextraktionsschrot (372)	394	23	140	361

(34)	75	52	33	72
Rapsextraktionsschrot "00" Typ (22)	406	27	129	359
(17)	78	42	31	70
Rapskuchen/Expeller 4-8 % Fett (24)	350	155	111	315
(10)	86	90	41	84
Rapsöl (3)		999		
(6)		96		
Sojabohne Samen (69)	398	203	62	283
(22)	90	91	69	80
Sojaextraktionsschrot geschält (265)	548	13	39	333
(14)	92	0	85	93
Sojaextr.-schrot ungeschält (999)	510	15	67	341
(111)	91	68	82	94
Sojaextr.-schrot schalenreich (353)	485	17	93	336
(23)	89	65	86	93
Sojabohnenschalen (21)	131	25	382	413
(12)	61	69	77	81
Sojaöl (3)		999		
(6)		98		

Tab. 14: Validierungsproben Rapserzeugnisse (g/kg TM) und VQ %,
Wiederkäuer (Hammel)

Samples of validation, products out of rapeseed, ruminants

	XP	XL	XF	XX
	VQ XP	VQ XL	VQ XF	VQ XX
Rapsextraktionsschrot	389	38	147	353
SPIEKERS u. a. 2000	82	85	45	87,7
Rapsextraktionsschrot	379	42	156	345
SPIEKERS u. a. 2000	81	86	36	83,1
Rapsextraktionsschrot	429	26	129	341,4
SPIEKERS u. a. 2000	85,2	87,1	40,9	80,5
Rapsextraktionsschrot	383	34	149	355,8
SPIEKERS u. a. 2000	80,2	89,8	42,2	95,2
Rapsextraktionsschrot	397	39	127	361,7
SPIEKERS u. a. 2000	83,9	82,2	44,4	86,6
Rapsextraktionsschrot	376	38	146	359,7
SPIEKERS u. a. 2000	80,8	82,5	33,4	91,2
Rapsextraktionsschrot	408	27	149	341,2

SPIEKERS u. a. 2000	82,9	94	42,3	85,5
Rapsextraktionsschrot	396	36	140	349
SPIEKERS u. a. 2000	81,6	79,8	27,1	91,0
Rapsextraktionsschrot	377	28	131	397
SPIEKERS u. a. 2000	82,1	75,6	32,2	91,9
Rapsextraktionsschrot	381	41	153	350,1
SPIEKERS u. a. 2000	82,1	90,6	39,7	85,4
Rapsextraktionsschrot	393	41	149	348,3
SPIEKERS u. a. 2000	83,2	89,4	39,9	86,4
Rapsextraktionsschrot	381	76	132	341
SPIEKERS u. a. 2000	79,6	90,2	28,6	81,9
Rapsextraktionsschrot	395	38	134	361,1
SPIEKERS u. a. 2000	80,8	95,3	30,2	85,4
Rapsextraktionsschrot	377	37	175	330
KLUTH 2005	84	91	48	85
Rapsextraktionsschrot	384	27	174	334
KLUTH 2005	84	93	42	84
Rapsextraktionsschrot	408	44,2	144,1	331,5
GRUBER 2005	87,5	92,6	42,9	87,7
Rapskuchen	331	139	169	296
MENKE 2005	82,5	89,5	47,3	73,82
Rapskuchen	345	111	156	317
MENKE 2005	83,7	91,5	45,4	80,99
Rapskuchen	346,1	132,9	110,9	332,2
JILG 2005	85,5	91,2	37,1	85,6
Rapskuchen	322,7	187,7	116,5	299,8
JILG 2005	90,7	88,11	43,5	76,4

Tab. 15: Validierungsproben Sojaerzeugnisse(g/kg TM) und VQ %, Wiederkäuer (Hammel)

Samples of validation, products out of soybeans, ruminants

	XP	XL	XF	XX
	VQ XP	VQ XL	VQ XF	VQ XX
Sojabohnen Samen	434	201	53	261
OBERMAIER 2005	88,5	93,3	9,8	69,4
Sojaschalen	269	31	261	384
OBERMAIER 2005	86,5	86,5	92,3	87,6

Sojaextraktionsschrot KLUTH 2005	496 93	21 64	81 86	329 99
Sojaextraktionsschrot KLUTH 2005	454 91	16 75	94 81	363 92
Sojaextraktionsschrot GRUBER 2005	485,8 90,7	11,6 54,3	76,9 87,6	343 89,1
Sojaextraktionsschrot GRUBER 2005	467,3 91,3	10,3 35,0	73,7 84,0	369,5 92,9
Sojaextraktionsschrot GRUBER 2005	474,1 91,8	11,1 32,3	73,2 84,8	356,7 95,1
Sojaextraktionsschrot GRUBER 2005	478,4 91,7	10,2 65,0	67,9 80,3	361,6 95,8
Sojaextraktionsschrot GRUBER 2005	397,2 89,1	8,2 0,0	70,7 93,9	397,2 93,7
Sojaextraktionsschrot GRUBER 2005	385,6 90,6	7,9 78,7	56,8 73,2	385,6 83,3
Sojaextraktionsschrot MENKE 2005	498 91,5	20 67,6	73 91,2	340 92,9

Tab. 16: Validierungsproben Rapserzeugnisse (g/kg TM) und VQ %, Schweine
Samples of validation, products out of rapeseed, swine

	XP VQ XP	XL VQ XL	XF VQ XF	XX VQ XX
Rapssamen SCHÖNE u. a. 1993	218 80,7	455 76,3	89 54,8	198 87,4
Rapssamen SCHÖNE u. a. 1993	218 76,8	455 77,5	89 59,3	198 82,2
Rapskuchen SCHÖNE u. a. 1996	321 68,5	180 78,4	102 14,7	334 83,8
Rapsextraktionsschrot, konvent. Züchtung SCHÖNE u. a. 1992	407 84,7	50 72,4	130 49,5	338 83,3
Rapsextraktionsschrot, „00-Züchtung“ SCHÖNE u. a. 1992	414 85,5	48 72,7	141 50,4	321 84,5
Rapsextraktionsschrot, „00-Züchtung“ SCHÖNE u. a. 1992	414 84,2	48 48	141 41,4	321 76,2
Rapsextraktionsschrot, „00-Züchtung“ SCHÖNE u. a. 1992	414	48	141 38,7	321

Tab. 17: Validierungsproben Sojaerzeugnisse (g/kg TM) und VQ %, Schweine
Samples of validation, products out of soybeans, swine

	XP <i>VQ XP</i>	XL <i>VQ XL</i>	XF <i>VQ XF</i>	XX <i>VQ XX</i>
Sojaextraktionsschrot PROPSTMEIER 2005	491 <i>84,1</i>	15 <i>31,1</i>	87 <i>25,5</i>	346 <i>83,5</i>
Sojaextraktionsschrot HP PROPSTMEIER 2005	547 <i>86,8</i>	14 <i>35,8</i>	34 <i>39,8</i>	339 <i>91,7</i>
Sojaschalen PROPSTMEIER 2005	305 <i>81,0</i>	22 <i>71,7</i>	245 <i>39,1</i>	368 <i>80,8</i>
Sojakuchen PROPSTMEIER 2005	463,3 <i>91,1</i>	128,3 <i>87,7</i>	57,7 <i>64,3</i>	296,7 <i>97,1</i>
Sojasamen AGUNBIADE u. a. 2004	358,4	230,7 <i>67,8</i>	97	252,3
Sojaextraktionsschrot AGUNBIADE u. a. 2004	491,8	21,5 <i>65,1</i>	102,1	318
Sojasamen SCHÖNE u. a. 1993	392 <i>89,4</i>	211 <i>79,3</i>	65 <i>78,3</i>	264 <i>94,6</i>
Sojaextraktionsschrot SCHÖNE u. a. 1992	467 <i>89,2</i>	38 <i>77,3</i>	78 <i>80,9</i>	345 <i>95,2</i>